

(21) 高速道路における既存の CAD 図面を活用した

効率的な車線データの構築手法の開発

Effective generation method for lane data using CAD drawings of expressways

関本義秀¹・山田晴利²・松林豊³

Sekimoto Yoshihide, Yamada Harutoshi, Matsubayashi Yutaka

抄録：本研究では、自動運転や車線レベルの車両の挙動特性の把握等、次世代の ITS サービスに向けた検討に向けて、高速道路の既存の CAD 図面と種級区分の情報から、モデルベースで車線レベルのデータを効率的に生成する技術を開発し、福岡地区で実際の空中写真撮影成果と比較し、検証を行った。これまで高精度なデータには多大な計測データを必要としていたが、こうした規格化が進んでいる高速道路のような人口構造物は、モデルベースでデータ生成を行いつつ、断片的な計測データで検証、修正を行うようなアプローチも、現地の変化に対する更新の迅速化や、現地計測を減らせることによるコスト低減という観点からも、今後重要になると考えられる。

キーワード：ITS, CAD 図面, 車線データ, モデルベースアプローチ

1. はじめに

近年、様々な形で ITS の高度化が進んできている。国内では、2008 年 3 月時点でカーナビの出荷台数が 3000 万台、VICS の出荷台数が 2100 万台を超え、情報提供のインフラとしての役目が増している。さらに政府の IT 新改革戦略の中では、2010 年度から事故の多発地点を中心に安全運転支援システムの全国への展開を図るとともに、対応する車載器の普及を促進することとされており¹⁾、路車協調の動きは進展しつつある。

とくに、中長期的に本質的な効率化あるいはイノベティブなサービス実現という観点から車両の制御あるいは自動運転等を考えた場合、海外では、PREVENT プロジェクトにおける MAPS & ADAS²⁾、SAFESPOT³⁾、SAFELANE⁴⁾、あるいは最近では、Google による自動運転(Autonomous Driving)⁵⁾などに見られるように、デジタル道路地図やインフラと協調した制御や、レーンレベルの制御/自動走行、挙動特性の把握に向けた研究も増えている。また、Du et al.(2008)⁶⁾では、フリーウェイの実験区間で D-GPS とマップマッチングにより走行時間 10 万秒(約 1 日)のうち 97%の時間帯でレーン特定したと、数値的に評価指標を示している。

一方で、その元となるインフラ側のデータについては、とくに詳細なレーンレベルのデータとなると、精度要件が高く設定されることが多く、費用の面から全国的な整備は難

しいように思われる。しかし、1/1000 レベルの平面図データは電子化されてきているところも多く、有効活用できる可能性もあると思われる。

そこで、本研究は、高速道路ではすでに管理用平面図の CAD 化が進んでおり、中心線レベルの連続性は高いことから、中心線や車線の規格(以降、種級区分と呼ぶ)から車線データをモデルベースで自動生成し、それが現実の計測値と比較してどの程度の誤差範囲で収まっているかを評価を行った。

なお、既存の図面を使った接合・標定に関する研究は、大崎ら⁷⁾、布施ら⁸⁾、Yamada et al.⁹⁾によるものがあるが、高速道路のようになり、規格化された構造物で車線構造を考慮し、広域のデータを効率的に生成し検証を試みたものは見られない。

2. 既存の CAD 図面の整備状況

NEXCO では、国土交通省と協力し、JH 時代に作成した「管理用平面図作成要領」に基づき、1/1000 レベルの平面図の CAD 化を行っている。図-1 は Yamada et al.の再掲であるが、中心線レベルでの連続性は高く、中心線レベルの接合はほぼ不要と言える。ただし、このような相対的な位置関係に比べて、絶対的な位置については計測が行われておらず、ある程度の標定は必要である。

1 : 正会員 工博 東京大学空間情報科学研究センター 特任准教授
(〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5, Tel :04-7136-4308, E-mail : sekimoto@csis.u-tokyo.ac.jp)

2 : 正会員 工博 東京大学空間情報科学研究センター

3 : 正会員 工修 国際航業(株) 企画部事業開発グループ

3. 提案する手法

Yamada et al.はCAD図面に記載されているいくつかの地物をVRS等で簡易計測を行い、それを元に標定を行ってきている。ただし、その一方で、CAD図面上の地物の記載位置が必ずしも高精度ではなく、その結果、ヘルマート変換による標定の精度にも影響を与えることもわかった。そこで本研究では、ITSのためには車線データに重点を置き、ある程度相対的な関係が保証されている中心線をベースに、道路構造の情報としての種級区分の情報を既知として、モデルベースで車線データを推定、再現することとした(図-2)。

高速道路便覧¹⁰⁾によると、種級区分別の横断面形状は表-1のようになっており、これに基づき、再現することを考える。図-3は種級区分1-2の横断面形状を描いたものであるが、CAD図面上で記載されている線を黒・灰色で描き、本研究で作成対象とする車線を赤字で記載した。

また、本研究では、Autodesk社のAutoCAD LT2008の平行線作成(オフセット)のコマンドで行ったが、こうした機能は標準的なCADソフトには搭載されていることと今後プログラムレベルでバッチ処理化することなども考えられる。

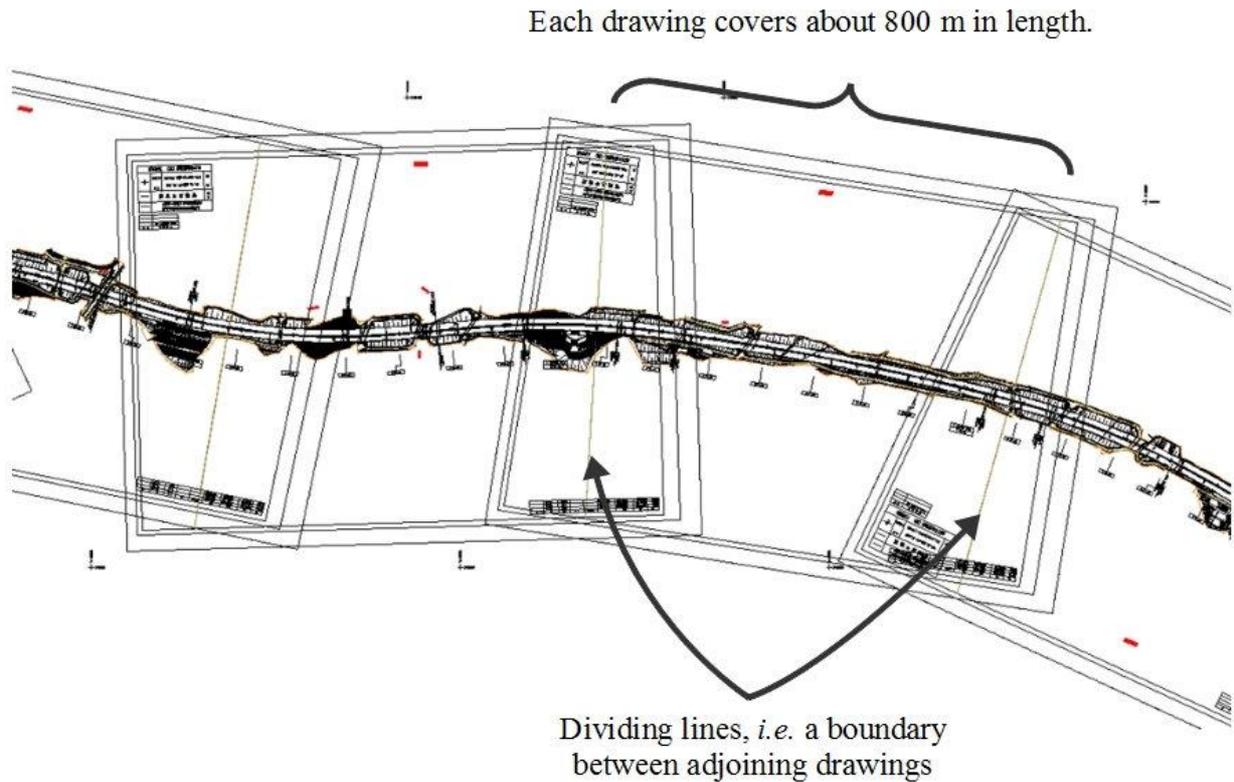


図-1 高速道路の管理用平面図を中心ベースつなげたもの(Yamada et al.の再掲)

表-1 高速道路を中心とした種級区分別の横断面形状

種級区分	設計速度	構造	幅員値 (m)				備考	
			左車線	右車線	中央帯	右路肩		
1-1-A 1-1-B	120	土工	3.5	3.75	4.5	—		
		橋梁			—	1.0		
1-2-A 1-2-B	100	土工		3.5	3.5	4.5		—
		橋梁				—		1.0
1-3-A 1-3-B	80	土工	3.25	3.25	3.0	—		
		橋梁			—	0.75		
1-4-A 1-4-B	60	土工		3.25	3.25	3.0	—	
		橋梁				—	0.75	
		トンネル						

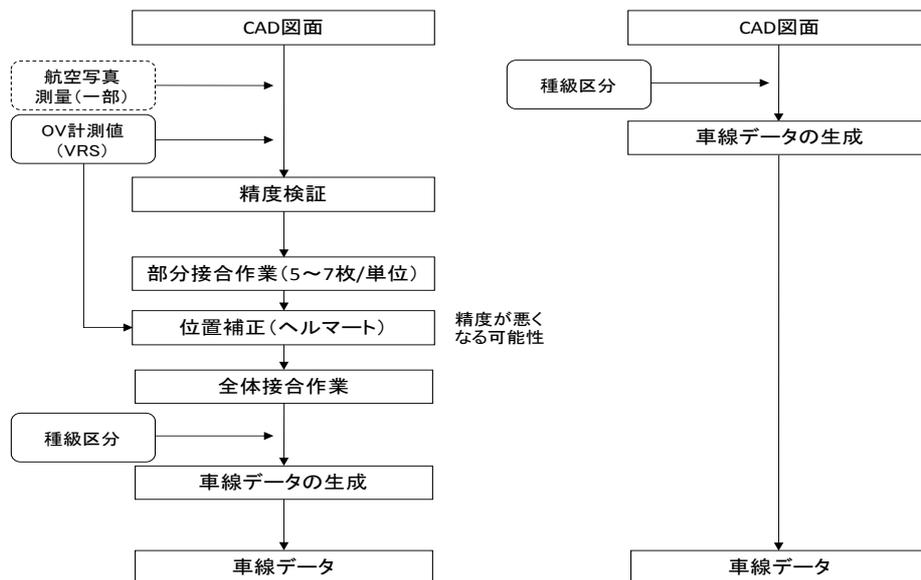


図-2 処理フローによる比較(左:接合・標定による方法, 右:モデルベースアプローチ)

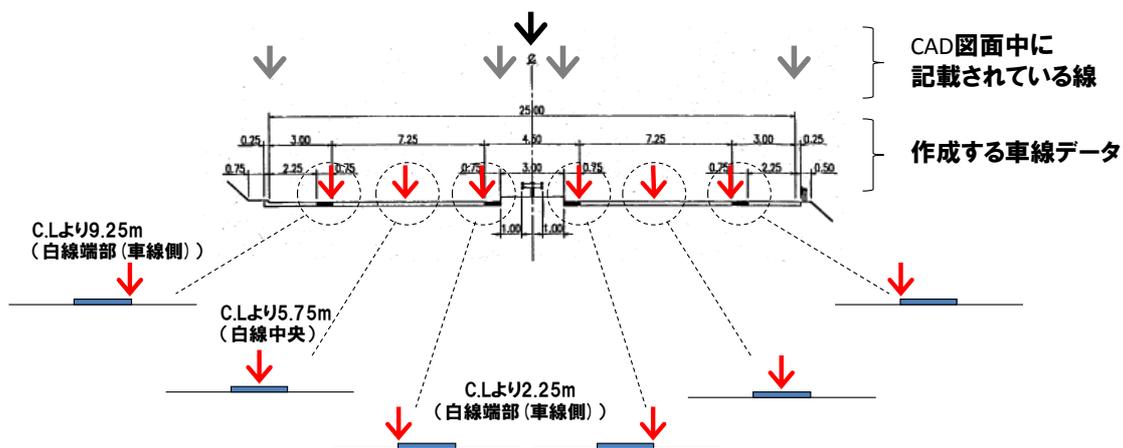


図-3 道路構造をもとにした作成する車線データとCAD 図面上に記載された線

4. 比較実験

これらの準備に基づき検証を行った。本研究では九州自動車の福岡地区で 20km 程度を空中写真による撮影, 空中三角測量を行い (図-4), その成果を真値として 3~4km ずつ, 6つの区間に分け, 検証を行ったものである。なお検証の方法は1つの区間ごとに上下線合わせて, 1断面6点計測しその差を確認した(図-5)。

表-2は Yamada et.alに基づく方法で, 1区間あたり, 2点の既知点に基づく標定を行った結果であり, 二乗平均誤差は 1~2m であるが, ヘルマート変換で標定を行った後の方がより精度が悪化している。

一方, 表-3は本研究の提案する種級区分に基づきモデルベースで車線を作成した場合の結果である。こちらも念のため, ヘルマート変換で標定を行ったが, 変換前の段階で高精度であるため, ヘルマート変換による精度向上は見られない。従って, 種級区分に基づき車線を作成した場合は二乗平均誤差でも各区間で安

定的に 1m 以内を達成し, その平均値も 0.29m と高精度であることが確認でき, 標定作業が基本的には必要でないことが確認できた。

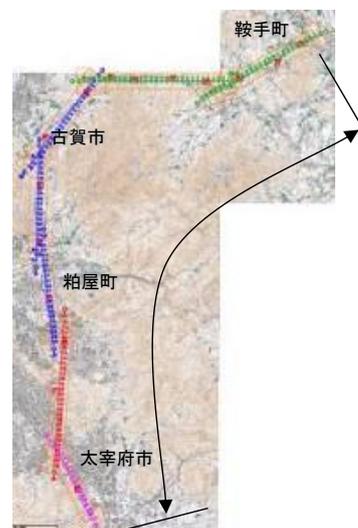


図-4 対象地域(九州自動車道福岡地区)

表-2 図面に記載された構造物位置での精度評価結果

区間 番号	区間 延長 (km)	ヘルマート変換前			ヘルマート変換後		
		二乗平均 誤差(m)	較差平均 (m)	標準偏差 (m)	二乗平均 誤差(m)	較差平均 (m)	標準偏差 (m)
8	3.6	1.01	0.94	0.36	1.30	1.22	0.48
7	2.7	1.62	1.31	0.99	1.80	1.50	1.06
6	3.3	1.58	1.44	0.66	1.93	1.77	0.80
5	4.2	1.35	1.10	0.79	1.59	1.31	0.92
4	2.6	1.56	1.24	0.97	1.73	1.43	0.98
3	4.0	1.07	0.86	0.65	1.17	0.92	0.74

表-3 モデルベースアプローチにより再現した車線データの精度評価結果

区間 番号	区間 延長 (km)	ヘルマート変換前			ヘルマート変換後		
		二乗平均 誤差(m)	較差平均 (m)	標準偏差 (m)	二乗平均 誤差(m)	較差平均 (m)	標準偏差 (m)
8	3.6	0.11	0.09	0.06	0.11	0.09	0.06
7	2.7	0.29	0.20	0.21	0.29	0.20	0.21
6	3.3	0.11	0.09	0.07	0.11	0.09	0.07
5	4.2	0.22	0.17	0.14	0.22	0.17	0.14
4	2.6	0.26	0.19	0.13	0.26	0.19	0.13
3	4.0	0.75	0.64	0.39	0.75	0.64	0.39

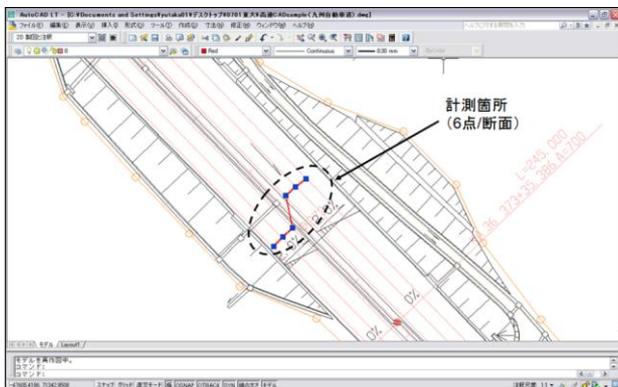


図-5 評価方法

5. まとめ

本研究では、効率的に車線データを作成するために、種級区分のような高速道路の規格の情報をもとに自動生成を行い、現地計測した結果と照合を行った。実際に CAD 図面上に記載されている様々な地物を現地計測し、標定を行うより精度も高く、また、モデルベースで再現することにより、図面間の表記の揺れなどがあっても一貫性を保ちやすくなることが言える。現状では高精度なデータは多大な現地計測が必要になるケースが多いが、今後はこうしたモデルベースで車線の生成を行い、別途得られる断片的な計測データなどから必要に応じて微修正するような研究を進めていきたい。

謝辞： 本研究では高速道路保有債務返済機構と NEXCO 各社に大変お世話になった。深く感謝する。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局 ITS ホームページ:
<http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/index.html>
- 2) MAPS&ADAS Final Report;
http://prevent-ip.org/en/public_documents/
- 3) SAFESPOT; <http://www.safespot-eu.org/pages/page.php>
- 4) SAFELANE; http://www.prevent-ip.org/en/prevent_subprojects/lateral_support_driver_monitoring/safelane/
- 5) NYTimes: "Google Cars Drive Themselves, in Traffic",
<http://www.nytimes.com/2010/10/10/science/10google.html>
- 6) Du, J. and Barth, M.; "Next-Generation Automated Vehicle Location Systems: Positioning at the Lane Level", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.9, No.1, pp.48~57, 2008
- 7) 大崎喜久雄, 枡村一保, 窪田諭, 下妻勇輔, 北川育夫, 柴原芳信: GIS 基盤データとしての道路台帳の有効活用と RTK-GPS 測量による図面作成手法, 土木情報システム論文集, 土木学会, Vol.10, pp.61-68, 2001.10.
- 8) 布施孝志, 落合修: 連続する複数図面の標定手法に関する検討, 応用測量論文集, Vol.21, pp.69-77, 2010.
- 9) Harutoshi Yamada, Yoshihide Sekimoto, Yutaka Matsubayashi, A study on the quality of CAD drawings of expressways and addition of lane marking data, Journal of Applied Computing in Civil Engineering, Vol.19, pp.175-184, 2010.
- 10) 建設省道路局: 高速道路便覧, 1997.